

Д. А. Корель, Н. С. Василевский, М. А. Денисов

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

korelheatenergy96@mail.com

## ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ РАСЧЕТА ОРЕБРЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПАКЕТАХ РАЗЛИЧНЫХ ПРОГРАММ

*В работе рассмотрена методика использования эквивалентной поверхности для расчета оребренных поверхностей различного типа и формы. Этот инструмент позволяет ускорить и облегчить расчет теплообменных процессов с ребристыми поверхностями в пакетах программ.*

Ключевые слова: моделирование; теплообмен; оребрение.

D. A. Korel, N. S. Vasilevskiy, M. A. Denisov

Ural Federal University, Ekaterinburg

## POSSIBILITY OF USING EQUIVALENT MATERIAL TO FACILITATE THE CALCULATION OF FABRICATED SURFACES IN PACKETS OF DIFFERENT PROGRAMS

*The paper considers the method of using an equivalent surface for the calculation of finned surfaces of various types and shapes. This tool allows you to speed up and facilitate the calculation of heat exchange processes with ribbed surfaces in software packages*

Keywords: modeling; heat exchange; fins.

Расчёт теплообменных аппаратов является актуально задачей при проведении большинства теплотехнических расчётов. Однако при расчёте ребристых теплообменных аппаратов, особенно при ребрах прямоугольного и конического профиля, возникают проблемы при расчете, если не известны выходящие температуры обоих теплоносителей, т. е. на стадии проектирования.

Пользуясь уравнениями теплового баланса и теплопередачи можно достаточно быстро и просто определить требуемые значения температуры. Однако, это значительно затрудняется при использовании оребрения, так как рассчитать площадь теплообмена становится затруднительным из-за большого числа ребер. Трудности связаны с необходимостью задаваться температурами теплоносителей на выходе и проверкой заданных значений методом последовательных приближений.

Решения подобной задачи приходится проводить, используя тепловой поток через ребро. Для этого необходимо использовать упрощенную модель, разбивая ее на несколько сегментов, задаваясь температурами по длине ребра. Необходимо большое число последовательных приближений для определения точных температур.

Таким образом, в комплекс задач входит:

- Проведение аналитического расчёта по упрощенной методике с заранее известной площадью теплообмена.
- Построение распределения температур по длине ребра.
- Определение характеристик эквивалентного материала.
- Построение всей поверхности теплообмена с помощью эквивалентного материала.

Проведение аналитического расчета проводится по стандартным формулам тепломассообмена [1] для определения коэффициентов теплоотдачи потоков к оребренной поверхности.

Межтрубное пространство:

$$Nu = 0,25 Re^{0,6} Pr_{жсд}^{0,38} \left( \frac{Pr_{жсд}}{Pr_{см}} \right)^{0,25} \quad (1)$$

Трубное пространство:

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr_{жсд}^{0,43} \left( \frac{Pr_{жсд}}{Pr_{см}} \right)^{0,25} \quad (2)$$

Коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} \quad (3)$$

По найденным коэффициентам теплоотдачи в пакетах программ легко определить распределение температур по длине ребра. Далее необходимо определить термические сопротивления:

1. Теплоотдача к воде на тепловой поток внутренней стенки:

$$R = \frac{1}{\alpha} \quad (4)$$

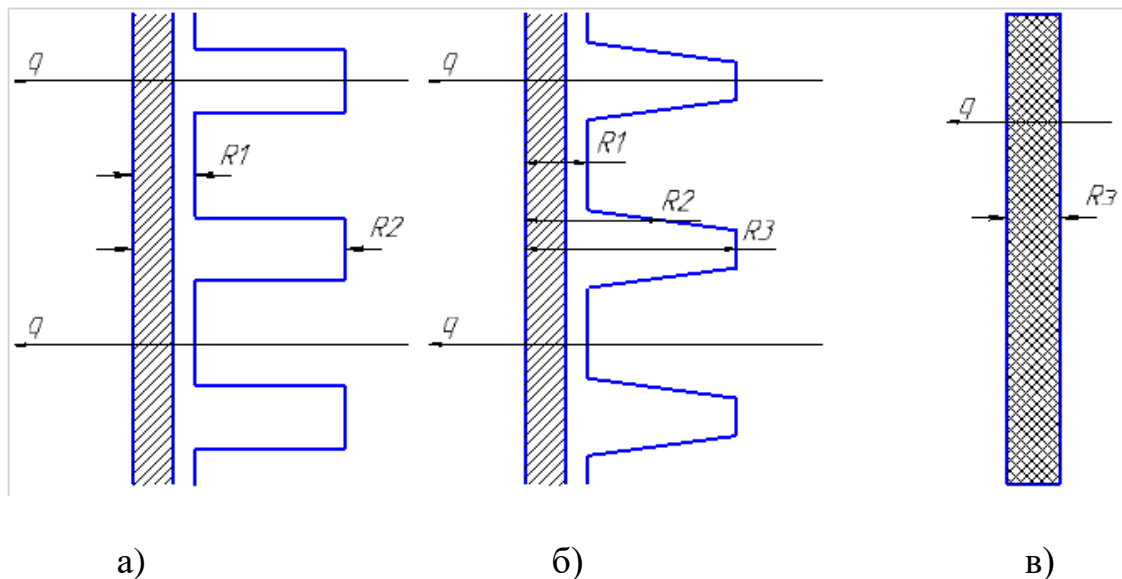
2. Теплопроводность в стальной трубе

$$R_{оч} = \frac{\delta}{\lambda} \quad (5)$$

3. Остальное термическое сопротивление приходится на оребрение, на котором падение температуры определяем по модели ребра. В расчете на плотность теплового потока на внутренней стенке трубы

$$R_p = \frac{\Delta T}{q} \quad (6)$$

Необходимо определить среднее значение термического сопротивления на элементарном участке.



Профиль моделей оребрения:

а – прямоугольная; б – коническая; в – эквивалентная

Для ребер прямоугольной формы (рисунок, а) необходимо определить термическое сопротивление с ребром и без него. Общее термическое сопротивление поверхности будет равно сумме долей сопротивлений пропорционально их толщинам в элементарной ячейке.

Для ребер конической формы (рисунок, б) принцип остается тем же, однако коническую часть ребра нужно разбить на элементы условно постоянной толщины и определить их термические сопротивления. Общее термическое сопротивление рассчитывается принципом, описанным выше.

Зная общее термическое сопротивление элементарной ячейки и задаваясь удобной толщиной стенки ребра, можно определить коэффициент теплопроводности эквивалентного материала (рисунок, в). Такая гладкая поверхность будет иметь термодинамические свойства аналогичные ребренной поверхности. Как результат, при моделировании можно использовать гладкие поверхности из эквивалентного материала, что в значительной степени упростит модель [2] и ускорит расчет ребренных поверхностей, встречающихся повсеместно в современной теплоэнергетической отрасли.

#### Список использованных источников

1. Тепломассообмен [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Королев; М-во образования и науки Российской Федерации, Урал. федеральный ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. Изд. 2-е, испр. и доп. Екатеринбург : УрФУ, 2013. 249 с.
2. Денисов М. А. Автоматизированное проектирование в ANSYS и в КОМПАС-3D : учебное электронное текстовое издание, учебное пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. 264 с.